

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

SEI99-41 (2)

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 04147114 A

(43) Date of publication of application: 20 . 05 . 92

(51) Int. Cl

G02F 1/35  
G02B 26/02  
H04B 10/18

(21) Application number: 02270766

(71) Applicant: NIPPON TELEGR & TELEPH CORP <NTT>

(22) Date of filing: 09 . 10 . 90

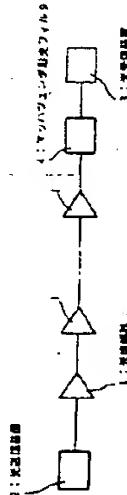
(72) Inventor: INOUE YASUSHI  
TOBA HIROSHI

(54) LIGHT LEVEL EQUALIZING METHOD

(57) Abstract:

PURPOSE: To smooth the light levels of respective wavelengths or frequencies at a reception terminal by arranging a Mach-Zehnder type optical filter which has variable transmission characteristics on a transmission path and adjusting the transmission characteristics of this optical filter.

CONSTITUTION: Plural optical amplifiers 1 and the Mach-Zehnder type optical filter 4 are provided on the transmission line from an optical multiplex signal transmitter 2 to a receiver 3. Then the peak wavelength and maximum-minimum transmission ratio of the optical filter 4 are adjusted. Then the opposite transmission characteristics from an original light level are obtain even for an optional light level gradient. Consequently, the optical filter 4 is connected to the optical amplifier 1 in the final stage to flatten the light level of each channel transmitted through the optical filter 4.



COPYRIGHT: (C)1992,JPO&Japio

⑩ 日本国特許庁 (JP)

⑪ 特許出願公開

## ⑫ 公開特許公報 (A) 平4-147114

⑬ Int. Cl.<sup>5</sup>  
 G 02 F 1/35  
 G 02 B 26/02  
 H 04 B 10/18

識別記号 501  
 庁内整理番号 E  
 7246-2K  
 7820-2K  
 8426-5K H 04 B 9/00

⑭ 公開 平成4年(1992)5月20日

M  
審査請求 未請求 請求項の数 2 (全7頁)

## ⑮ 発明の名称 光レベル等化方法

⑯ 特 願 平2-270766

⑰ 出 願 平2(1990)10月9日

⑱ 発明者 井 上 恒 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内  
 ⑲ 発明者 鳥 羽 弘 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内  
 ⑳ 出願人 日本電信電話株式会社 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号  
 ㉑ 代理人 弁理士 志賀 正武



## 明細書

## 1. 発明の名称

光レベル等化方法

## 2. 特許請求の範囲

(1) 光送信装置から光受信装置までの伝送路上に光増幅器を用いる光波長多重伝送方式または光周波数多重伝送方式において、

前記伝送路上に、透過特性が可変なマッハツエンダ形光フィルタを1個または複数個配してこれに多重光を透過せしめるようにし、該マッハツエンダ形光フィルタの透過特性を調節することにより、受信端での各波長または各周波数の光レベルを平滑化することを特徴とする光レベル等化方法。

(2) 光送信装置から光受信装置までの伝送路上に光増幅器を用いる光波長多重伝送方式または光周波数多重伝送方式において、

前記伝送路上に、前記光増幅器とは波長特性の異なる第2の光増幅器を1個または複数個配してこれに多重光を透過せしめるようにし、該第2の

光増幅器の波長特性を調節することにより、受信端での各波長または各周波数の光レベルを平滑化することを特徴とする光レベル等化方法。

## 3. 発明の詳細な説明

## [産業上の利用分野]

本発明は、光増幅器を用いる光波長多重伝送方式または光周波数多重伝送方式において、その特性を向上させる光レベル等化方法に関するものである。

## [従来の技術]

光波長多重伝送方式(または光周波数多重伝送方式)は、1本の光ファイバにより各々の信号が乗せられた複数の波長光(または周波数光)を伝送するものである。光波長多重伝送方式においては、光増幅器は多重波長光を一括して増幅できることから有用な構成要素である。

光波長多重伝送方式で光増幅器を用いる際の問題点の一つとして、その利得の波長特性が平坦でないということが挙げられる。すなわち、各信号波長によって、信号利得が異なるので、受信端で

の光レベルが信号波長によって異なってしまう。この効果は、光増幅器が多段に接続される程大きい。信号波長により光レベルが異なるのは、受信装置の設計上大きな問題点となる。そこで、光増幅器によりアンバランスとなった光レベルを平坦にする光レベル等化技術が必要となってくる。

光増幅器の利得のアンバランスを補償する方法としては、光ファイバ増幅器の波長特性をグレイティング形光フィルタにより平坦化した例が、以下の文献に報告されている。

[文献] M.Tachibana, R.I.Laming, P.R.Morkel, and D.N.Payne, "Gain-shaped Erbium-doped fibre amplifier with broad spectral bandwidth", Technical Digest on Optical Amplifiers and Their Applications, pp.44-47, 1990

第9図に、この文献に掲載されている補償例を示す。太実線が、この報告例で対象としている光ファイバ増幅器単体での利得波長特性である。この例の光増幅器は、1535 nm近傍に3 dB帯域

適用可能であるという点である。

また第2には、前述のように、グレイティング形光フィルタは、特定の波長で急峻な阻止特性を示し、その他の波長に対してはほぼ無損失で透過させるという透過特性を持つので、これによる利得補償が可能なのは、第9図の太実線で示されているような波長特性を持つ光増幅器に限られる点である。

また、一般にグレイティング形光フィルタの透過特性を任意に制御するのは難しく、多段増幅を行ったり各増幅器の特性がバラついたりして光レベルのアンバランスがシステムによって異なった時には、可変に対応することが困難である。

本発明は、前記事情に鑑みてなされたものであって、特定の利得波長特性の光増幅器に限ることなく、一般的な光増幅器を用いた光多重伝送系において、各チャンネルの光レベル差を補償することを可能とする光レベルの等化方法を提供することを目的としている。

#### [課題を解決するための手段]

4. 5 nmのピークを持ち、それより長波長側20 nmにわたって平坦な波長特性を示している。これに対し、1535 nmを阻止波長とするファイバグレイティング形の光フィルタを光増幅器の後段に接続した時の波長特性が、細実線で示されている。また、同じフィルタを光増幅器の中間に内蔵した場合の特性が、破線で示されている。グレイティング形光フィルタは、特定の波長で急峻な阻止特性を示し、その他の波長に対してはほぼ無損失で透過させるという透過特性を持つ。したがって、1535 nm付近に透過率が低くなるように設定されたグレイティング形光フィルタを從属に接続することにより、光増幅器の1535 nm付近の利得ピークを抑え、全体として平坦な波長特性を得ている。

#### [発明が解決しようとする課題]

しかしながら、この従来例には、次のような欠点がある。

すなわち第1に、ある波長にピークがあり、その他の波長では平坦な特性を持つ光増幅器にのみ

・本発明の請求項1では、光送信装置から光受信装置までの伝送路上に光増幅器を用いる光波長多重伝送方式または光周波数多重伝送方式において、

前記伝送路上に、透過特性が可変なマッハツエンダ形光フィルタを1個または複数個配してこれに多重光を透過せしめるようにし、該マッハツエンダ形光フィルタの透過特性を調節することにより、受信端での各波長または各周波数の光レベルを平滑化することを解決手段とした。

また、請求項2では、前記伝送路上に、前記光増幅器とは波長特性の異なる第2の光増幅器を1個または複数個挿入してこれに多重光を透過せしめるようにし、該第2の光増幅器の波長特性を調節することにより、受信端での各波長または各周波数の光レベルを平滑化することを解決手段とした。

#### [作用]

本発明の光レベル等化方法によれば、光増幅器の波長特性によって生じる各波長の光レベル差を、透過特性が可変なマッハツエンダ形光フィルタ、

あるいは前記光増幅器とは波長特性の異なる第2の光増幅器の作用によって平坦化することができる。

#### [実施例]

以下、実施例を示して、本発明の光レベル等化方法について説明する。

#### 「実施例1」

第1図は、本発明の請求項1に記載の光レベル等化方法の一実施例を説明するためのもので、光多重伝送系の構成図である。

図中符号2は光多重信号送信装置、符号3は受信装置であり、該光多重信号送信装置から受信装置までの伝送路上には、複数個の光増幅器1.1…が設けられている。そして、これら光増幅器1.1…の最後段には、マッハツェンダ形光フィルタ4が接続されている。ちなみに、マッハツェンダ形光フィルタ4がない場合には、通常の光多重伝送系の構成となる。また、「光増幅器」としては、エルビウム添加光ファイバ増幅器が用いられている。

1の段数を重ねる毎に加算されることから、光増幅器1の段数および各段の特性に依存した値となる。多くの場合、ある波長範囲に限れば、各チャンネルの光レベルは、第3図に示すように波長に対して右上がりまたは右下がりの形になると考えられる。ただし、その傾きは、光増幅器1の段数および各段の特性によって異なる。

このように各チャンネルの光レベルが異なるのは、受信装置の設計上好ましくなく、これを平坦化する必要がある。しかも、光増幅器1の段数および各段の特性の違いにより傾きが異なっても、可変に対応できることが望ましい。

この光レベルの傾きを平坦化するために、本実施例では、光レベルの異なった多重光を、光増幅器1.1…の最後段に接続されたマッハツェンダ形光フィルタ4に透過させる。

ここで、マッハツェンダ形光フィルタ4について説明する。マッハツェンダ形光フィルタ4は、第4図に示すような構造をしており、基本的には、2つのカップラ4a.4bと、これをつなぐ2つの

次に、このような光多重伝送系を用いて、光レベルを等化する方法について説明する。

前記光多重信号送信装置2から送信された複数の波長光は、複数段に接続されたエルビウム添加光ファイバ増幅器1.1…に次々に伝送されていく。

一般に、エルビウム添加光ファイバ増幅器1は、利得の波長特性が平坦でなく、そのため受信端では、各チャンネルの光レベルは異なった値となる。例えば、シリカ母材にアルミニウムとエルビウムが共添加された光ファイバ増幅器1は、第2図に示すような利得の波長特性を示すものである。これを第1図に示した光多重伝送系における光増幅器1として用いた場合には、これに例えば1.545μmから1.554μmまでの波長間に並んだ光周波数多重光を伝送すると、光増幅器1段あたり最大6dBの光レベル差が生じる。このレベル差は、光増幅器1の利得波長特性が励起光およびファイバ長により異なることから、必ずしも一定ではなく、また受信端でのレベル差は、光増幅器

光経路4c.4dとからなっている。このような構造を有するマッハツェンダ形光フィルタ4の透過特性は、第5図に示すように、光波長に対してサイン状の特性を示すものである。そのサイン形の周期、ピーク波長；および最大最小の透過比は、光カップラ4a.4bの分岐比と2つの光経路4c.4dの光学長差によって決まるものである。特に、光導波路上に形成したマッハツェンダ形光フィルタ4の場合には、光カップラ4a.4bの分岐比や2つの光経路4c.4dの光学長差を、屈折率変化を通じて外部信号により可変に調節することが可能であり、したがってピーク波長や最大最小透過比を可変に調節することが可能である。例えば、ガラス導波路形マッハツェンダ形光フィルタの場合には、導波路上に電極ヒータを形成しこれに外部電流を入力して熱を発生させると、熱光学効果により屈折率が変化するので、これを用いた透過特性の制御が可能である。

このようなマッハツェンダ形光フィルタ4を透過させることにより、多重光の光レベルの等化を

行う。光レベルの等化には、このマッハツェンダ形光フィルタ4の透過特性のスロープの部分を利用する。具体的には、例えば、多段増幅された多重光の光レベルが、第6図(a)のようであったとする。これに対し、マッハツェンダ形光フィルタ4の透過特性を、第6図(b)に示すように、第6図(a)とは逆特性となるように調節する。ここで、マッハツェンダ形光フィルタ4のピーク波長や最大最小透過比を調節することにより、任意の光レベルの傾きに対しても、元の光レベルとは逆特性の透過特性を得ることが可能である。第6図(b)の特性を持つマッハツェンダ形光フィルタ4を、最終段の光増幅器1の後段に接続すれば、マッハツェンダ形光フィルタ4を通過した各チャンネルの光レベルは平坦化される。すなわち、光レベルの等化が実現される。この光レベル等化方法は、光増幅器1, 1…の段数や各段の特性の違いによって元の光レベルの傾きが異なっていても、マッハツェンダ形光フィルタ4特性を調節することにより、可変に対応可能である。

が用いられ、また、第2の光増幅器6には、多成分ガラスにエルビウムが添加された光ファイバ増幅器が用いられている。

この光多重伝送系が、請求項1に記載の光レベル等化方法で使用した前記光多重伝送系(第1図)と異なるのは、主として、マッハツェンダ形光フィルタ4に代わって、多成分ガラス-エルビウム添加光ファイバ増幅器6が利用されたことである。

次に、このような光多重伝送系を用いて、光レベルを等化する方法について説明する。

前記光多重信号送信装置2から送信された複数の波長光は、複数段に接続されたシリカガラス-エルビウム・アルミニウム添加光ファイバ増幅器5, 5…に次々に伝送されていく。

シリカガラス-エルビウム・アルミニウム添加光ファイバ増幅器5の利得波長特性は、第2図のような特性を示すので、例えば1.545μmから1.554μmまでの間に配置された波長多重信号光が増幅されると、長波長側が大きく、短波長側が小さい光レベルとなる。

なお、本実施例では、第1図に示すように、最終段の光増幅器1と受信装置3との間に、マッハツェンダ形光フィルタ4を1回挿入した構成の光多重伝送系を利用したが、これに限るものではなく、複数段の光増幅器1, 1…毎にマッハツェンダ形光フィルタ4, 4…を挿入した光多重伝送系を作製し、これを用いて光増幅器1, 1…毎に光レベルを等化するようにしてもよい。

#### 「実施例2」

第7図は、本発明の請求項2に記載した光レベル等化方法の一実施例を説明するためのもので、光多重伝送系の構成図である。

図中符号2は多重信号送信装置、符号3は受信装置である。この多重信号送信装置から受信装置までの伝送路上には、複数個の光増幅器5, 5…が設けられ、これら光増幅器5, 5…の最後段には、これらの光増幅器5, 5…とは波長特性の異なる第2の光増幅器6が接続されている。ここでは、前記光増幅器5に、シリカ母材にエルビウムとアルミニウムが共添加された光ファイバ増幅器

このように光レベルの異なった多重光を、前記シリカガラス-エルビウム・アルミニウム添加光ファイバ増幅器5, 5…の最後段に接続された多成分ガラス-エルビウム添加光ファイバ増幅器6に透過させる。

多成分ガラス-エルビウム添加光ファイバ増幅器6は、例えば第8図に示すような波長特性を示すものである。前記シリカガラス-エルビウム・アルミニウム添加光ファイバ増幅器5とは、増幅ピーク波長が異なっており、特に1.545μmから1.555μmの波長帯では、波長に対する利得の傾きが、シリカガラス-エルビウム・アルミニウム添加光ファイバ増幅器5とは逆の特性を示している。さらに、この増幅利得のピーク値は、励起光強度によって変わるので、利得の傾きも、励起光強度によって変化する。すなわち、励起光強度により利得の傾きを調節することが可能なのである。

このような多成分ガラス-エルビウム添加光ファイバ増幅器6の波長特性を利用してることにより、

前記請求項1の実施例で述べたのと同様にして、 $1.545\text{ }\mu\text{m}$ から $1.554\text{ }\mu\text{m}$ までの間に配置された光多重信号がシリカガラス-エルビウム・アルミニウム添加光ファイバ増幅器5,5…により増幅された時に生じる光レベル差を等化することが可能である。この時、光増幅器5,5…の段数や各段の特性の違いによってレベル差が異なっていても、多成分ガラス-エルビウム添加光ファイバ増幅器6の励起光強度を調節することにより、可変に対応可能である。ただし、この実施例の場合には、対象となる波長帯は、使用する光ファイバ増幅器により限定される。

なお、第7図では、最終段の光増幅器5と受信装置3との間に、多成分ガラス-エルビウム添加光ファイバ増幅器6が1個挿入された構成の光多重伝送系を利用したが、これに限るものではなく、複数段の光増幅器5,5…毎に多成分ガラス-エルビウム添加光ファイバ増幅器6を挿入した光多重伝送系を作製し、これを用いて光増幅器5,5…毎に光レベルを等化するようにしてもよい。

光ファイバ増幅器の利得の波長特性を示す図であり、第9図は、増幅利得補償法の従来例を示す図である。

- 1 ……エルビウム添加光ファイバ増幅器  
(光増幅器)、
- 2 ……多重信号光送信装置(光送信装置)、
- 3 ……光受信装置、
- 4 ……マッハツェンダ形光フィルタ、
- 5 ……シリカ母材エルビウム・アルミニウム共添加光ファイバ増幅器(光増幅器)、
- 6 ……多成分ガラス母材エルビウム添加光ファイバ増幅器(第2の光増幅器)。

出願人 日本電信電話株式会社

代理人 井理士 志賀正

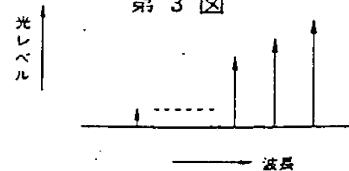
### [発明の効果]

以上説明したように、本発明によれば、光増幅器の波長特性によって生じる各波長の光レベル差を平坦化することが可能であり、光波長多重伝送方式あるいは光周波数多重伝送方式において有効性が高い。

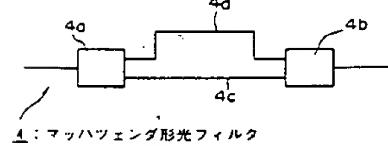
### 4. 図面の簡単な説明

第1図は、本発明の請求項1に記載の光レベル等化方法の一実施例を説明するもので、光多重伝送系の構成図であり、第2図は、シリカ母材エルビウム・アルミニウム共添加光ファイバ増幅器の利得の波長特性を示す図、第3図は、増幅された多重信号光の光レベルを示す図、第4図は、マッハツェンダ形光フィルタの基本構成図、第5図はマッハツェンダ形光フィルタの透過特性を示す図、第6図は、マッハツェンダ形光フィルタによる光レベル等化を説明するための図、第7図は、本発明の請求項2に記載の光レベル等化方法の一実施例を説明するもので、光多重伝送系の構成図であり、第8図は、多成分ガラス母材エルビウム添加

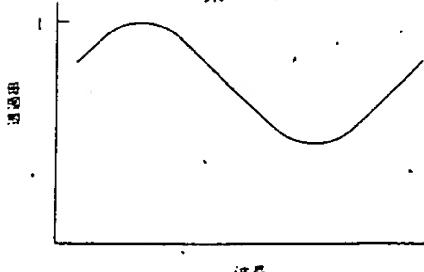
第3図

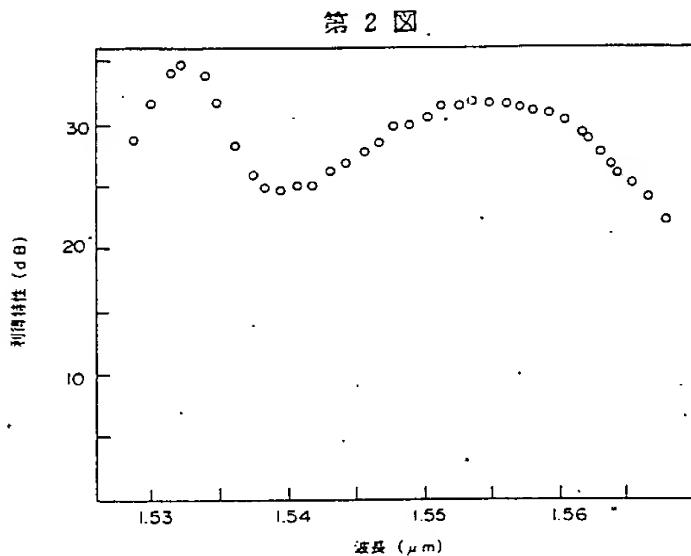
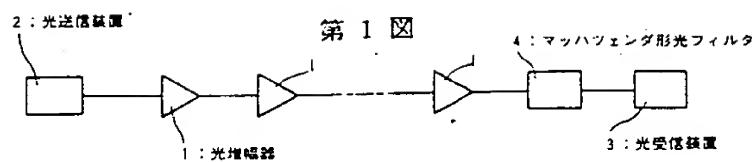


第4図

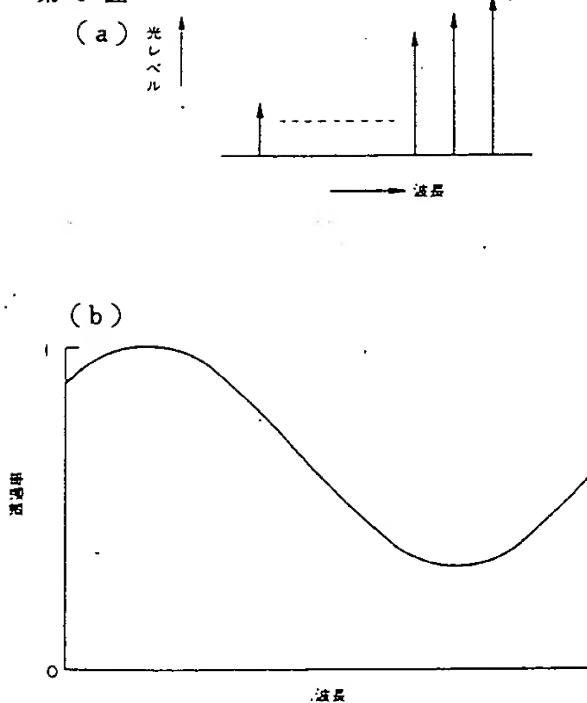


第5図

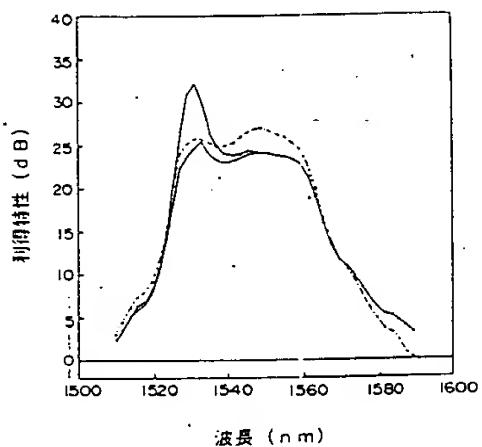




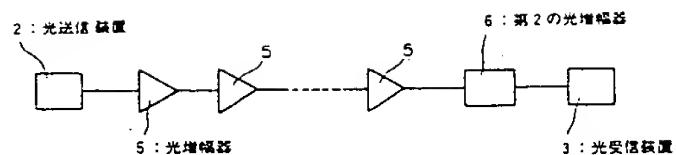
第 6 図



第 9 図



第7図



第8図

